






Battery residual charge monitoring method uses difference between minimum current and current at intersection point between current/voltage curve and minimum voltage threshold of battery

Patent number: DE19960761
Publication date: 2001-05-23
Inventor: SCHOENER HANS-PETER (DE); BLESSING ALF (DE)
Applicant: DAIMLER CHRYSLER AG (DE)
Classification:
- international: H01M10/48; G01R31/36
- european: G01R31/36M1
Application number: DE19991060761 19991216
Priority number(s): DE19991060761 19991216

Also published as:

 EP1109028 (A2)
 US6329823 (B2)
 US2001020849 (A1)
 JP2001229981 (A)
 EP1109028 (A3)

Abstract of DE19960761

The residual charge monitoring method has at least 2 different current-voltage measurements for the battery provided at recorded time points (T1,T2), with determination of the corresponding measuring points (M1,M2), for providing a current/voltage curve (3). The intersection point (S3) of the curve with the minimum voltage threshold for the battery is used for providing the corresponding current value, compared with the minimum current (I_{min}) for the battery, to provide a difference value indicative of the residual battery charge.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 199 60 761 C 1

⑤1 Int. Cl.⁷:
H 01 M 10/48
G 01 R 31/36

②1 Aktenzeichen: 199 60 761.3-45
②2 Anmeldetag: 16. 12. 1999
④3 Offenlegungstag: -
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 23. 5. 2001

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:
Schöner, Hans-Peter, Dr., 64397 Modautal, DE;
Blessing, Alf, Dr., 73092 Heiningen, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 29 52 853 A1

⑤4 Verfahren zur Überwachung der Restladung und der Leistungsfähigkeit einer Batterie

⑤7 Verfahren zur Überwachung der Restladung und der Leistungsfähigkeit einer Batterie, bei dem an der belasteten Batterie mindestens zwei Strom-Spannungsmessungen durchgeführt werden. Die Strombelastung der Batterie ist hierbei größer als 30% der Nennkapazität pro Stunde, z. B. bei einer 100 Ah-Batterie mindestens 30 Ampäre, zu wählen. Die erste Strom-Spannungsmessung wird zu einem ersten Zeitpunkt bei einem ersten Belastungszustand der Batterie gemessen. Eine zweite Strom-Spannungsmessung wird zu einem zweiten Zeitpunkt bei einem zweiten Belastungszustand der Batterie durchgeführt. Wesentlich ist, daß sich hierbei der Belastungszustand der Batterie durch den entnommenen Strom geändert hat. Die Stromspannungsmessungen ergeben einen ersten Meßpunkt und einen zweiten Meßpunkt. Durch die beiden Meßpunkte wird eine Interpolationsgerade gelegt und deren Schnittpunkt mit einem Grenzspannungsniveau (U_{Gr}) ermittelt. Dieser Schnittpunkt ist gekennzeichnet durch einen sogenannten Grenzstrom (I_{Gr}). Das Grenzspannungsniveau ist bestimmt aus der Mindestspannung, die die angeschlossenen Verbraucher benötigen, um fehlerfrei zu funktionieren. Das Grenzspannungsniveau wird daher bei der technischen Auslegung des Batterienetzes vorgegeben und ist bekannt. Die fehlerfrei Funktion der angeschlossenen Verbraucher erfordert weiterhin einen Mindestbetriebsstrom (I_{min}), der als Auslegeparameter des Batterienetzes ebenfalls festgelegt und bekannt ist. Die Differenz aus ermitteltem ...

199 60 761 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs.

Bekannt sind Batterieüberwachungssysteme, die den Ladungszustand der Batterie im stromlosen Zustand der Batterie ermitteln. Derartige Systeme nutzen die weitgehend lineare Abhängigkeit der Ruhespannung von der Säuredichte des Elektrolyten. Diese Säuredichte ändert sich proportional zur Ladungsmenge, die der Batterie bereits entnommen wurde. Diese Systeme können den Ladezustand der Batterie ermitteln, wenn die Batterie mehrere Stunden stromlos war und die internen Diffusionsvorgänge zur Ruhe gekommen sind.

Aus der DE 29 52 853 A1 ist ein Verfahren zur Bestimmung der Kapazität eines Akkumulators bekannt. Es werden zwei Spannungen gemessen, nämlich einmal die Leerlaufspannung des Akkumulators und einmal die Klemmenspannung des Akkumulators im belasteten Zustand. Die Differenz dieser beiden Spannungen ist diejenige Spannung, die am Innenwiderstand des Akkumulators abfällt und ist abhängig vom Ladezustand des Akkumulators. Die Differenzspannung zwischen Klemmenspannung und Leerlaufspannung ist deshalb ein grobes Maß für den Ladezustand eines Akkumulators. Eine Bestimmung einer Restladung einer Batterie innerhalb eines Batterienetzes ist mit dem Verfahren aus der DE 29 52 853 A1 nicht möglich. Hierzu müßten außer den Spannungspegeln auch die zugehörigen Ströme ermittelt werden. Auch ist mit dem vorbekannten Verfahren es nicht möglich zu bestimmen, wie lange das einer Batterie zugehörige Bordnetz noch fehlerfrei betrieben werden kann.

Weiterhin ist aus Steffens, W. "Verfahren zur Schätzung der Inneren Größen von Starterbatterien", Dissertation RWTH Aachen 1987, bekannt, aus einer Modelbetrachtung Batteriezustandsgrößen zu schätzen. Diese Batteriezustandsgrößen umfassen u. a. auch die Ruhespannung der Batterie. Dieses Modell arbeitet zwar im strombelasteten Zustand der Batterie, erlaubt jedoch keine Aussage über den verbliebenen Energieinhalt der Batterie. Außerdem ist die Modellbildung sehr komplex und hat sich daher in der Praxis nicht durchgesetzt.

Erfindungsgemäße Aufgabe ist es daher, ein Verfahren zur Batterieüberwachung anzugeben, das zum einen die Batterieüberwachung ohne die Einhaltung von Ruhepausen erlaubt und zum anderen gleichzeitig die Ermittlung des restlichen Energieinhalts der Batterie ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen enthalten.

Erfindungsgemäß gelingt dies, indem an der belasteten Batterie mindestens zwei Strom-Spannungsmessungen durchgeführt werden. Die Strombelastung der Batterie ist hierbei größer als 30% der Nennkapazität pro Stunde, z. B. bei einer 100 Ah-Batterie mindestens 30 Ampère, zu wählen. Die erste Strom-Spannungsmessung wird zu einem ersten Zeitpunkt bei einem ersten Belastungszustand der Batterie gemessen. Eine zweite Strom-Spannungsmessung wird zu einem zweiten Zeitpunkt bei einem zweiten Belastungszustand der Batterie durchgeführt. Wesentlich ist, daß sich hierbei der Belastungszustand der Batterie durch den entnommenen Strom geändert hat. Die Stromspannungsmessungen ergeben einen ersten Meßpunkt und einen zweiten Meßpunkt. Durch die beiden Meßpunkte wird eine Interpolationsgerade gelegt und deren Schnittpunkt mit einem

(I_{Gr}). Das Grenzspannungsniveau ist bestimmt aus der Mindestspannung, die die angeschlossenen Verbraucher benötigen, um fehlerfrei zu funktionieren. Das Grenzspannungsniveau wird daher bei der technischen Auslegung des Batterienetzes vorgegeben und ist bekannt. Die fehlerfreie Funktion der angeschlossenen Verbraucher erfordert weiterhin einen Mindestbetriebsstrom (I_{min}) der als Auslegeparameter des Batterienetzes ebenfalls festgelegt und bekannt ist. Die Differenz aus ermitteltem Grenzstrom I_{Gr} und Mindestbetriebsstrom I_{min} wird ermittelt und festgehalten. Diese Differenz ist ein Maß für die noch verfügbare Restladung der Batterie und wird hier erfindungsgemäß mit Grenzstromreserve bezeichnet.

Mit der Erfindung werden hauptsächlich die folgenden Vorteile erzielt:

Die Grenzstromreserve kann aus einer mit Strom belasteten Batterie ermittelt werden. Damit kann auch eine Batterieüberwachung durchgeführt werden an Systemen, die kontinuierlich betrieben werden und somit keine Ruhespannungsmessung an der Batterie erlauben. Im Bereich der Kraftfahrzeuge ist ein solches System z. B. ein Taxi, das 24 h pro Tag im Einsatz ist. Bei einem derartigen Taxi versagen herkömmliche Batterieüberwachungssysteme. Der Taxifahrer bekommt keine Information über ein bevorstehendes Zusammenbrechen seines Bordnetzes und damit über den Ausfall vieler relevanter Sicherheitsvorrichtungen wie Antiblockiersysteme, Airbags, Elektronische Stabilisierungsprogramme, Gurtstraffer, Niveauregulierungen u. s. w.. Die herkömmliche Ladestromkontrollleuchte macht bekanntlich nur Aussagen über die Stromrichtung zwischen Generator und Batterie. Die Ladestromkontrollleuchte erlaubt jedoch keine Zustandsdiagnose über einen bevorstehenden Zusammenbruch des Bordnetzes oder darüber, ob für die sicherheitsrelevanten Systeme noch genügend Energie zur Verfügung steht. Dies wird erst mit dem erfindungsgemäßen Verfahren möglich.

Die Grenzstromreserve berücksichtigt in einem einzigen Maß die für eine Batteriediagnose relevanten Einflüsse wie Batterietemperatur, mittlerer Entladestrom der Batterie und Batteriealterungszustand.

Die Grenzstromreserve wird nicht beeinflusst durch Diffusionsvorgänge oder andere Nichtlinearitäten der Batterie, welche bei kleinen Entladeströmen die Batterispannungslage stark beeinflussen, und ermöglicht daher eine zuverlässige und quantifizierbare Aussage über die Restladung der Batterie.

Durch die Ermittlung der Grenzstromreserve mit Hilfe des Grenzstromes (I_{Gr}) wird die Batterieleistungsfähigkeit im Grenzbereich der Funktionsfähigkeit des angeschlossenen Verbrauchersystems bewertet. Die Grenzstromreserve erlaubt daher eine Sicherheitsabschätzung, daß das angeschlossene Verbrauchersystem auch bei kritischen Belastungszuständen nicht versagen wird. Dies ist besonders im Hinblick auf die bereits erwähnten sicherheitsrelevanten Vorrichtungen in einem Kraftfahrzeug von großem Vorteil, da deren voraussichtlich einwandfreie Funktion mit der Grenzstromreserve zuverlässig prognostiziert wird.

Weiterhin erlaubt das erfindungsgemäße Verfahren durch die Produktbildung aus Grenzspannungsniveau (U_{Gr}) und Grenzstrom (I_{Gr}), die Angabe einer maximalen Leistung, die der Batterie noch entnommen werden kann, ohne das Grenzspannungsniveau zu unterschreiten.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter anderem anhand von einer Zeichnung dargestellt und näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung des Zusammen-

verschiedenen Ladezuständen der Batterie

Anhand von Fig. 1 wird im folgenden die Erfindung und insbesondere die Grenzstromreserve beispielhaft erläutert. In Fig. 1 ist eine typische Strom-Spannungs-Kennlinienschar einer Batterie mit verschiedenen Ladezuständen dargestellt. Mit der Ziffer 1 wird eine Kennlinie für eine vollgeladene Batterie bezeichnet. Die Kennlinie 1 einer vollgeladenen Batterie zeichnet sich durch einen flachen Verlauf aus. D. h. die Spannung U an den Klemmen der Batterie nimmt mit zunehmendem Laststrom I verhältnismäßig gering ab. Mit zunehmender Entladung der Batterie oder zunehmender Alterung der Batterie nehmen die Strom-Spannungskennlinien 2, 3, 4, 5 einen immer steileren Verlauf, bis schließlich die Strom-Spannungs-Kennlinie 5 das Grenzspannungsniveau U_{Gr} beim Mindeststrom I_{min} schneidet. Eine Batterie in diesem Zustand wird als leer bezeichnet. Zur Ermittlung der Grenzstromreserve einer Batterie mit einem Ladezustand, der der Kennlinie 3 entspricht, wird folgendermaßen vorgegangen.

Eine erste Strom-Spannungsmessung wird zu einem ersten Zeitpunkt T_1 bei einem ersten Belastungszustand der Batterie gemessen. Eine zweite Strom-Spannungsmessung wird zu einem zweiten Zeitpunkt T_2 bei einem zweiten Belastungszustand der Batterie durchgeführt. Wesentlich ist, daß sich hierbei der Belastungszustand der Batterie durch den entnommenen Strom geändert hat. Außerdem muß der Laststrom der Batterie größer als 30% der Nennkapazität K_N pro Stunde gewesen sein. Die Stromspannungsmessungen ergeben einen ersten Meßpunkt M_1 und einen zweiten Meßpunkt M_2 . Durch die beiden Meßpunkte M_1, M_2 wird eine Interpolationsgerade 3 gelegt und deren Schnittpunkt S_3 mit einem Grenzspannungsniveau U_{Gr} ermittelt. Dieser Schnittpunkt ist gekennzeichnet durch einen sogenannten Grenzstrom I_{Gr} . Das Grenzspannungsniveau ist bestimmt aus der Mindestspannung, die die angeschlossenen Verbraucher benötigen, um fehlerfrei zu funktionieren. Das Grenzspannungsniveau wird daher bei der technischen Auslegung des Batterienetzes vorgegeben und ist bekannt. Die fehlerfreie Funktion der angeschlossenen Verbraucher erfordert weiterhin einen Mindestbetriebsstrom I_{min} , der als Auslegeparameter des Batterienetzes ebenfalls festgelegt und bekannt ist. Die Differenz aus ermitteltem Grenzstrom I_{Gr} und Mindestbetriebsstrom I_{min} wird ermittelt und festgehalten. Diese Differenz ist ein Maß für die noch verfügbare Restladung der Batterie und wird hier erfindungsgemäß mit Grenzstromreserve bezeichnet. In gleicher Weise lassen sich aus den Kennlinien 2 und 4 die Schnittpunkte S_2 und S_4 bestimmen. Man erkennt, daß mit zunehmender Entladung der Batterie die Schnittpunkte S_2, S_3, S_4 immer weiter nach links hin zum Mindestbetriebsstrom I_{min} wandern, symbolisch dargestellt durch den Pfeil 6. Die erfindungsgemäß ermittelte Grenzstromreserve gibt also den abnehmenden Ladezustand der Batterie richtig wieder. Insbesondere erreicht die Grenzspannung den Wert 0, wenn der Grenzstrom I_{Gr} mit dem Mindeststrom I_{min} zusammenfällt, wie es für die Kennlinie 5 der Fall ist. Damit ergibt die Grenzspannungsreserve für eine definitionsgemäß leere Batterie den Wert 0.

Typischer Weise sind die beiden Meßpunkte M_1 und M_2 zu zwei Zeitpunkten aufgenommen, die ca 15 bis 20 ms auseinander liegen.

In einem anderen erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel wird die Grenzstromreserve ermittelt, indem die jeweils aktuelle Strom-Spannungskennlinie der Batterie durch eine Vielzahl von Strom-Spannungsmessungen bei unterschiedlichen Belastungszuständen aufgenommen wird. Durch diese Vielzahl von Meßpunkten wird dann eine Aus-

dieser Ausgleichsgeraden mit dem Grenzspannungsniveau bestimmt.

In einem anderen Ausführungsbeispiel wird die Grenzstromreserve aus der kontinuierlichen Beobachtung der Strom-Spannungskennlinie der Batterie bestimmt. Hierzu können an sich bekannte sogenannte Zustandsbeobachter, z. B. Luenberger-Beobachter oder Kalman-Filter, eingesetzt werden. Diese Zustandsbeobachter bestimmen die Steigung und den Ordinatenabschnitt der Ausgleichsgeraden für die Strom-Spannungskennlinie. Die Grenzstromreserve wird wieder wie vorbeschrieben aus dem Schnittpunkt dieser Ausgleichsgeraden mit dem Grenzspannungsniveau bestimmt. Besonders vorteilhaft bei diesem Ausführungsbeispiel ist es, daß der Grenzstrom und damit die Grenzstromreserve stets für den augenblicklichen Batteriezustand ermittelt werden, also in Echtzeit.

Bei allen Ausführungsbeispielen kann aus der Grenzstromreserve auf die Restladung Q_{Rest} der Batterie geschlossen werden. Im einfachsten Fall unterstellt man einen linearen Zusammenhang zwischen Grenzstromreserve und Restladung der Batterien. Die Restladung 0 wird erreicht, wenn die Grenzstromreserve den Wert 0 hat. Die volle Ladung der Batterie entspricht der Grenzstromreserve, welche an einer vollgeladenen Batterie unter festgelegten Nennbedingungen (z. B. bezgl. der Temperatur) ermittelt wird. Durch Bestimmung der jeweils aktuellen Grenzstromreserve und Vergleich mit den beiden zuvor genannten und bestimmten Randwerten ergibt sich ein Maß für den aktuellen Ladezustand der Batterie. Bei Unterstellung eines linearen Zusammenhangs zwischen Grenzstromreserve und Restladung Q_{Rest} gibt der Quotient aus aktueller Grenzstromreserve und der Grenzstromreserve für die vollgeladene Batterie den aktuellen Ladezustand der Batterie in Anteilen der vollen Ladung an.

Eine genauere Ermittlung der Restladung der Batterie aus der Grenzstromreserve ergibt sich aus folgender Relation

$$Q_{Rest} \geq \frac{(I_{Gr} - I_{min})}{\left(\frac{dI_{Gr}}{dQ}\right)_{max}}$$

$$Q_{Rest} \geq \frac{\text{Grenzstromreserve}}{\text{maximale Grenzstromsteigung}}$$

Hierbei wird die maximale Grenzstromsteigung

$$\left(\frac{dI_{Gr}}{dQ}\right)_{max}$$

experimentell ermittelt. Die Grenzstromsteigung ist eine Kenngröße der Batterie. Die Grenzstromsteigung wird bestimmt aus einer Vielzahl von Belastungsmessungen, zu denen jeweils die Grenzströme bestimmt werden. Von einer Belastungsmessung zur nächsten Belastungsmessung wird die Batterie jeweils um eine definierte Ladungsmenge entladen und für jeden Ladezustand der Grenzstrom ermittelt. Die ermittelten Grenzströme werden über die entnommene Ladungsmenge aufgetragen und die so erhaltenen Meßpunkte mit einer Kurve angenähert. Die maximale Steigung der Kurve ergibt dann die hier bezeichnete maximale Grenzstromsteigung.

Nach den zuvor angeführten Relationen ergibt sich dann

derung der Batterie größer oder gleich als die Ladungsmenge, die durch den Quotienten aus der Grenzstromreserve und der maximalen Grenzstromsteigung gegeben ist.

Bei konstanter Belastung der Batterie kann aus der Restladung Q_{Rest} auf die noch zur Verfügung stehende Restentladezeit geschlossen werden, indem man die Restladung durch den anliegenden Laststrom dividiert. Aus dem Vergleich der Restentladezeit mit einer für eine bestimmte Funktion notwendigen Mindestentladezeit kann mit Vorteil abgeleitet werden, wie lange die Batterie mit ihrem aktuellen Ladezustand in der Lage ist, die notwendige Energie für die aktuell angeschlossenen Verbraucher zu liefern. Dies ist insbesondere von großem Vorteil, wenn in Kraftfahrzeugen das ordnungsgemäße Funktionieren der bereits exemplarisch aufgeführten Sicherheitsfunktionen gewährleistet werden muß.

Bei allen Ausführungsbeispielen ist die Genauigkeit der Berechnung des Grenzstroms von entscheidender Bedeutung. Diese Genauigkeit ist umso höher je größer der Unterschied im Laststrom zwischen der ersten Messung zur Bestimmung der Grenzstromreserve und der zweiten Messung zur Bestimmung der Grenzstromreserve ist. Mit anderen Worten sind Betriebszustände, bei denen große Belastungswechsel der Batterie und damit große Stromänderungen auftreten, besonders vorteilhaft, um die erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiele durchzuführen. Derartige große Belastungswechsel treten bei Kraftfahrzeugen z. B. während des Startvorgangs auf. Die erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiele werden daher in besonders vorteilhafter Weise beim Start eines Kraftfahrzeuges ausgeführt.

Weiterhin sind große Belastungswechsel im Bordnetz eines Kraftfahrzeuges durch kurzzeitiges Ein- bzw. Ausschalten von leistungsstarken Verbrauchern möglich. Große Belastungswechsel rufen z. B. Ein- und Auschaltvorgänge von Heizverbrauchern (Heckscheibe, Zusatzheizung im Kühlkreislauf, heizbare Sitze, Standheizung . . .) hervor. Die Bestimmung der Grenzstromreserve und der Restladung der Batterie, der Restentladezeit oder der Mindestladezeit erfolgt dann wie vorbeschrieben.

Eine weitere Möglichkeit große Belastungswechsel und damit verschiedene Belastungszustände im Bordnetz eines Kraftfahrzeuges gezielt durch Schaltvorgänge hervorzurufen, ist das kurzzeitige Ausschalten des Bordnetzgenerators oder die Variation der Generatorerregung. Die Veränderung der Generatorspannung hat gegenüber dem Ein- und Ausschalten von Verbrauchern den Vorteil, daß auf das Einschalten einer zusätzlichen evtl. nicht benötigten oder nicht gewünschten Funktion verzichtet werden kann, um einen Belastungswechsel im Bordnetz gezielt zu bewirken. So braucht bei der Veränderung der Generatorspannung z. B. im Sommer an heißen Tagen keine Zusatzheizung eingeschaltet werden, nur um einen Belastungswechsel hervorzurufen. Die Bestimmung der Grenzstromreserve und der Restladung der Batterie, der Restentladezeit oder der Mindestladezeit erfolgt dann wie vorbeschrieben.

Im Einzelfall kann es auch von Vorteil einen mehrstufigen Belastungswechsel im Bordnetz eines Kraftfahrzeuges gezielt hervorzurufen. Ein mehrstufiger Belastungswechsel ist insbesondere dann von Nutzen, wenn zur Bestimmung der Grenzstromreserve die Ausgleichskurve der Strom-Spannungskennlinie der Batterie aus einer Vielzahl von Meßpunkten aufgenommen werden soll. In diesem Fall wird für jeden Belastungszustand jeweils ein Meßpunkt der Strom-Spannungskennlinie aufgenommen. Die Anzahl der möglichen Meßpunkte ist hier von der Anzahl der gezielt hervorrufbaren Belastungszuständen abhängig. Um eine möglichst

lichkeiten, nämlich die Variation der Generatorspannung und das Ein- und Ausschalten von Verbrauchern, zu kombinieren, da damit die Anzahl der möglichen Belastungswechsel und Belastungszustände die zur Bestimmung der erfindungsgemäßen Batteriekenngößen herangezogen werden können, am größten ist. Die Bestimmung der Grenzstromreserve und der Restladung der Batterie, der Restentladezeit oder der Mindestladezeit erfolgt dann wie vorbeschrieben.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung der Restladung und der Leistungsfähigkeit einer belasteten Batterie in einem Batterienetz mit einem Grenzspannungsniveau (U_{Gr}) und einem Mindeststrom (I_{min}) bei dem:
 - zumindest zu einem ersten Zeitpunkt (T_1) mindestens eine erste Strom-Spannungs-Messung bei einem ersten Belastungszustand der Batterie durchgeführt und mindestens ein erster Meßpunkt (M_1) ermittelt wird,
 - zumindest zu einem zweiten Zeitpunkt (T_2) mindestens eine zweite Strom-Spannungsmessung bei einem zweiten Belastungszustand der Batterie durchgeführt und mindestens ein zweiter Meßpunkt (M_2) ermittelt wird,
 - die Meßpunkte (M_1 , M_2) jeweils bei einem Belastungszustand der Batterie, der größer als 30% der Nennkapazität pro Stunde (K_N/h) ist, ermittelt werden,
 - durch die Meßpunkte (M_1 , M_2) eine Ausgleichskurve (3) gelegt wird und deren Schnittpunkt (S_3) mit dem Grenzspannungsniveau (U_{Gr}) ermittelt wird und der zugehörige Grenzstrom (I_{Gr}) ermittelt wird,
 - durch Differenzbildung zwischen dem Grenzstrom (I_{Gr}) und dem Mindeststrom (I_{min}) eine Grenzstromreserve als Maß für die in der Batterie verfügbare Restladung ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgleichskurve eine Interpolationsgerade ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgleichskurve durch die Meßpunkte (M_1 , M_2) aus einer Vielzahl von Meßpunkten gewonnen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Vielzahl von Meßpunkten eine Ausgleichsgerade gelegt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgleichskurve aus der kontinuierlichen Beobachtung der Strom-Spannungskennlinie bestimmt wird und mittels eines Zustandsbeobachters eine Ausgleichsgerade bestimmt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Zustandsbeobachter ein Luenberger-Beobachter oder ein Kalman-Filter ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß durch Produktbildung aus dem Grenzspannungsniveau (U_{Gr}) und dem Grenzstrom (I_{Gr}) ein Maß für eine maximale Leistung ermittelt wird, die der Batterie noch entnommen werden kann, ohne das Grenzspannungsniveau (U_{Gr}) zu unterschreiten.
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß aus der jeweils aktuellen Grenzstromreserve und der Grenzstromreserve für eine vollgeladene Batterie bei Nennbedingungen ein Verhältnis gebildet wird als ein Maß für die Restladung (Q_{Rest}) der Batterie im Verhältnis zur Nennladung.
9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

Maß für die Restladung (Q_{Res}) der Batterie.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß aus der Restladung (Q_{Res}) der Batterie durch Division mit dem aktuellen Laststrom die Restladezeit der Batterie ermittelt wird. 5

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß es beim Startvorgang von Kraftfahrzeugen durchgeführt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Belastungszustand des Batterienetzes durch gezielte Belastungswechsel verändert wird, indem leistungsstarke Verbraucher im Batterienetz ein- und ausgeschaltet werden. 10

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Belastungszustand des Batterienetzes gezielt verändert wird, indem die Generatorspannung variiert wird. 15

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Belastungszustand des Batterienetzes gezielt verändert wird, indem sowohl die Generatorspannung verändert wird als auch leistungsstarke Verbraucher ein- und ausgeschaltet werden. 20

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

